

別冊 6

原子炉格納容器ガス管理設備に係る補足説明

I 原子炉格納容器ガス管理設備の構造強度及び耐震性について

1. 1号機

(1) 排気ファンの耐震性に関わる数値根拠

$$\text{ボルトの許容引張応力} : 1.5f_t^* = 1.5 \times \frac{F^*}{2}, \quad F^* = \min[1.2S_y, 0.7S_u]$$

$$\text{ボルトの許容せん断応力} : 1.5f_s^* = 1.5 \times \frac{F^*}{1.5\sqrt{3}}$$

- C_H : 水平方向設計震度 (0.21)
 C_p : ファン振動による震度 ()
 M_P : ファン回転により働くモーメント () N・mm
 l_1 : 軸心と基礎ボルト間の距離 () mm
 l_2 : 軸心と基礎ボルト間の距離($l_1 \leq l_2$) () mm
 d : 基礎ボルトの呼び径 () mm
 n : 基礎ボルトの本数 ()
 n_f : 引張力の作用する基礎ボルトの評価本数 ()
 h : 据付面から重心までの距離 () mm
 W : 据付面に作用する重量 () N
 A_b : 基礎ボルトの軸断面積 () mm²
 S_y : 設計降伏応力 () MPa, ()
 S_u : 設計引張強さ () MPa, ()

(2) フィルタユニットの耐震性に関わる数値根拠

- C_H : 水平方向設計震度 (0.21)
 C_p : ファン振動による震度 ()
 M_P : ファン回転により働くモーメント () N・mm
 l_1 : 軸心と基礎ボルト間の距離 () mm
 l_2 : 軸心と基礎ボルト間の距離($l_1 \leq l_2$) () mm
 d : 基礎ボルトの呼び径 () mm
 n : 基礎ボルトの本数 ()
 n_f : 引張力の作用する基礎ボルトの評価本数 ()
 h : 据付面から重心までの距離 () mm
 W : 据付面に作用する重量 () N
 A_b : 基礎ボルトの軸断面積 () mm²
 S_y : 設計降伏応力 () MPa, ()
 S_u : 設計引張強さ () MPa, ()

(3) 凝縮配管室空調機ユニットの耐震性に関する数値根拠

- C_H : 水平方向設計震度 (0.21)
- C_p : ファン振動による震度 (■)
- M_P : ファン回転により働くモーメント (■ N・mm)
- l_1 : 軸心と基礎ボルト間の距離 (■ mm)
- l_2 : 軸心と基礎ボルト間の距離($l_1 \leq l_2$) (■ mm)
- d : 基礎ボルトの呼び径 (■ mm)
- n : 基礎ボルトの本数 (■)
- n_f : 引張力の作用する基礎ボルトの評価本数 (■)
- h : 据付面から重心までの距離 (■ mm)
- W : 据付面に作用する重量 (■ N)
- A_b : 基礎ボルトの軸断面積 (■ mm²)
- S_y : 設計降伏応力 (■ MPa, ■)
- S_u : 設計引張強さ (■ MPa, ■)

(4) 管の構造強度及び耐震性

(a) 構造強度

表-1 必要最小厚さに関する数値根拠

外径[mm]	型式	設計・建設規格上の 必要最小厚さ[mm]
34.0	円型	0.5
60.5	円型	0.5
89.1	円型	0.5
114.3	円型	0.5
165.2	円型	0.5

(b) 耐震性の評価結果 (サポート間隔)

両端単純支持はりで自重による応力 S_w が 40 MPa 程度の場合, 50A (Sch. 40) 配管のサポート間隔 L は約 9.7m となる。なお, 評価には以下の値を用いた。

Z : 断面係数 (■ mm³)

w : 等分布荷重 (■ N/mm)

2. 2/3号機

(1) ユニット架台の耐震性に関わる数値根拠

- C_H : 水平方向設計震度 (0.21)
- m : 機器の運転時質量 (表-2, 3 参照)
- h : 重心高さ (表-2, 3 参照)
- L1, L2 : 重心とボルト間の水平距離 (L1 ≤ L2) (表-2, 3 参照)
- nf : 評価上引張力を受けるボルト本数
2号機 (A系 : ■, B系 : ■), 3号機 (A系 : ■, B系 : ■)
- n : 評価上せん断力を受けるボルト本数
2号機 (A系 : ■, B系 : ■), 3号機 (A系 : ■, B系 : ■)
- g : 重力加速度 (9.80665m/s²)

表-2 機器の運転質量, 重心高さ, 重心とボルト間の水平距離 (2号機)

ユニット名	系統	機器の運転時質量	重心高さ	重心とボルト間の水平距離 (L1 ≤ L2)	
		m [kg]	h [mm]	L1 [mm]	L2 [mm]
排気ユニット	A	■	■	■	■
	B	■	■	■	■
フィルタユニット	-※	■	■	■	■
放熱器ユニット	A	■	■	■	■
	B	■	■	■	■
電気ヒータユニット	-※	■	■	■	■
ヘッドユニット	-	■	■	■	■
流量計ユニット	-※	■	■	■	■

※: フィルタユニット, 電気ヒータユニット, 流量計ユニットは, 2つ (2系統) で1つのユニットとなっている。

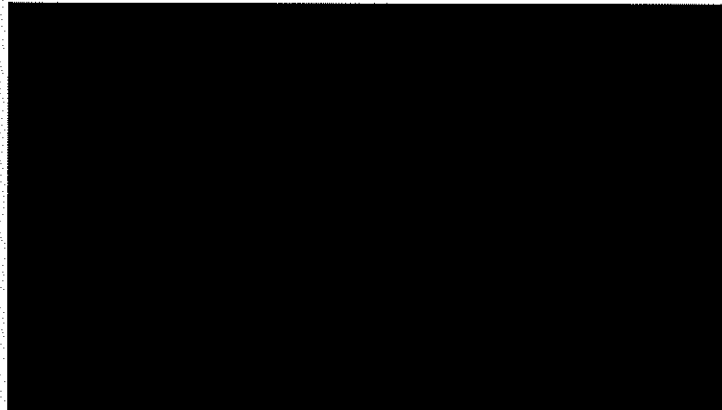
表-3 機器の運転質量、重心高さ、重心とボルト間の水平距離（3号機）

ユニット名	系統	機器の運転	重心	重心とボルト間の水平距離 (L1≤L2)	
		時質量	高さ	L1 [mm]	L2 [mm]
		m [kg]	h [mm]		
排気ユニット	A	■	■	■	■
	B	■	■	■	■
フィルタ ユニット	-※	■	■	■	■
放熱器ユニット	A	■	■	■	■
	B	■	■	■	■
電気ヒータ ユニット	-※	■	■	■	■
ヘッダユニット	-	■	■	■	■
流量計ユニット	-※	■	■	■	■

※：フィルタユニット，電気ヒータユニット，流量計ユニットは，2つ（2系統）で1つのユニットとなっている。

ここで，メカニカルアンカの許容荷重の設定については以下の通り。

- ・ 柏崎刈羽原子力発電所6号機建設時の後打ちアンカ使用基準に基づき，■相当のメカニカルアンカの許容荷重を採用



(2) 鋼管及び鋼板ダクトの構造強度及び耐震性

(a) 構造強度

表-4 必要最小厚さに関わる数値根拠

外径[mm]	形式	設計・建設規格上の 必要最小厚さ[mm]
27.2	円形	0.5
60.5	円形	0.5
60.5	円形	0.5
139.8	円形	0.5
139.8	円形	0.5
139.8	円形	0.5
216.3	円形	0.6
260.0	長方形	0.8
267.4	円形	0.6
267.4	円形	0.6

(b) 片持ちはりの先端荷重モデルを用いた耐震性評価

a. 評価条件

タービン建屋1階から2階へ立ち上がる縦管(125A (Sch. 10S))については、縦管に最も近いサポートの位置を固定点とした片持ちはり(先端荷重)とする。また、管軸方向については地震により管軸方向は動かないものとして配管応力評価を考える。なお、縦管と水平管の質量が片持ちはりの先端荷重として作用するものとし、縦管に最も近い2つのサポートで2等分することとする。

b. 評価方法

管軸直角方向の地震による応力は、下図に示す自重による応力の震度倍で表現でき(1)式で表すことができる。

$$S_s = \alpha S_w \quad (1)$$

S_s :地震による応力

α :水平方向震度

S_w :自重による応力

ここで、

$$S_w = \frac{M}{Z} = \frac{wgL_2}{Z}$$

S_w :自重による応力

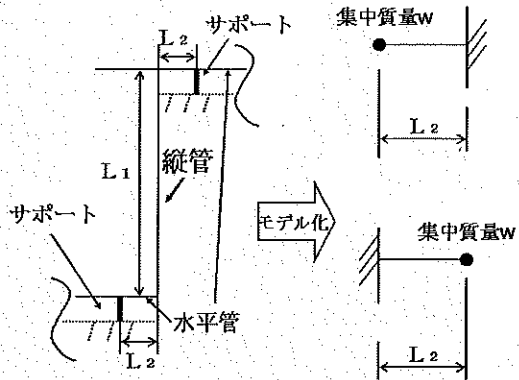
M :曲げモーメント

Z :断面係数

L :サポート支持間隔
(片持ちはり長さ)

w :集中質量

g :重力加速度



片持ちはりの先端荷重より求まる
自重による応力

また、崩壊制限に「JEAC4601-2008」を準用し、供用状態 C_s の場合の一次応力制限を用いるとすると、地震評価としては(2)式で表すことができる。

$$S = S_p + S_w + S_s = S_p + S_w + \alpha S_w = S_p + (1 + \alpha) S_w \leq S_y \quad (2)$$

S_p :内圧による応力

S_w :自重による応力

S_s :地震による応力

S :内圧, 自重, 地震による応力

α :水平方向震度

従って、上記(2)式を満足するように、配管サポート配置を設定することにより、配管の崩壊は抑制できる。

c. 評価結果

片持ちはりの集中質量 w は、縦管長の半分と水平管長の合計の長さ分を見込むと、下式のように算出される。

$$w = m \times (L_1/2 + L_2) = 52.2 \text{ kg}$$

L_1 :縦管長さ (■ m)

L_2 :水平管長さ (■ m)

m :単位質量 (■ kg/m)

自重による応力 S_w は、曲げモーメント M より下式で算出される。

$$S_w = \frac{M}{Z} = \frac{w g L^2}{Z} = 6 \text{ MPa}$$

Z : 断面係数 (mm^3)

g : 重力加速度 (9.80665 m/s^2)

内圧による応力 $S_p=18\text{MPa}$ 、許容応力を SUS304TP (100°C) の $S_y=171 \text{ MPa}$ とし、(2) 式に代入すると以下となる。

$$S = S_p + (1 + \alpha) S_w = 26 \text{ MPa} < S_y = 171 \text{ MPa} \quad (3)$$

よって、縦管から 0.5m 以内の位置にサポートを配置した場合、発生応力は許容応力に対して十分な裕度を有すると評価した。